



## Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du  
Quaternaire

**vol. 21/2 | 2010**  
**Volume 21 Numéro 2**

---

# Évolution biosédimentaire du dépôt quaternaire de la lagune de l'Ariana, Tunisie (une zone humide du Maghreb Nord)

*Biosedimentary evolution of quaternary deposit of the Ariana Lagoon, Tunisia (a  
humid zone in the northern Maghreb)*

**Chadia Zaara Ben Mosbah, Kmar Ben Ismaïl-Lattrache, Moncef Gueddari  
et Jean-Louis Reyss**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5548>

DOI : 10.4000/quaternaire.5548

ISSN : 1965-0795

### Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2010

ISSN : 1142-2904

### Référence électronique

Chadia Zaara Ben Mosbah, Kmar Ben Ismaïl-Lattrache, Moncef Gueddari et Jean-Louis Reyss,  
« Évolution biosédimentaire du dépôt quaternaire de la lagune de l'Ariana, Tunisie (une zone humide du  
Maghreb Nord) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 21/2 | 2010, mis en ligne le 22 novembre 2018, consulté le  
20 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5548> ; DOI : 10.4000/  
quaternaire.5548

---

# ÉVOLUTION BIOSÉDIMENTAIRE DU DÉPÔT QUATERNAIRE DE LA LAGUNE DE L'ARIANA, TUNISIE (UNE ZONE HUMIDE DU MAGHREB NORD)



Chadia ZAARA BEN MOSBAH<sup>1</sup>, Kmar BEN ISMAÏL-LATTRACHE<sup>2</sup>,  
Moncef GUEDDARI<sup>1</sup> & Jean-Louis REYSS<sup>3</sup>

## RÉSUMÉ

La sebkha de l'Ariana est une lagune fermée qui fait partie des zones humides du Maghreb. Elle a une superficie de 30 à 35 km<sup>2</sup> et est située sur la bordure nord-ouest du golfe de Tunis, au sud de l'oued Medjerda. Vers 190 000 ans BP, elle a été occupée par la mer Méditerranée. Actuellement, elle en est séparée par un cordon littoral. Ce dernier s'est mis en place lors du comblement d'un golfe peu profond sous l'impulsion d'importantes quantités d'alluvions déposées par le fleuve de la Medjerda sur sa plaine deltaïque dont elle fait partie. Cette étude de l'évolution et de la dynamique de la sebkha de l'Ariana, ainsi que des changements environnementaux récents qui gouvernent la sédimentation, est basée sur une approche sédimentologique, paléontologique et isotopique. Six carottes longues de 20 m à 50 m, prélevées dans les dépôts alluviaux de la sebkha, ont fait l'objet d'une étude détaillée qui a permis de suivre la répartition spatio-temporelle du stock sédimentaire – formé essentiellement de silts argileux vaseux à la base, surmontés de sables – et de mettre en évidence des associations faunistiques particulières traduisant des modifications environnementales : environnement marin (Pléistocène moyen), lagune ouverte (Holocène) et sebkha (Actuel). Cette évolution d'un milieu marin franc vers un environnement typiquement évaporitique (sebkha) pratiquement azoïque, est probablement en rapport avec le changement climatique quaternaire.

**Mots-clés :** Maghreb, Tunisie, Sebkha, Ariana, faune benthique, sédimentologie, datation isotopique Th/U.

## ABSTRACT

BIOSEDIMENTARY EVOLUTION OF QUATERNARY DEPOSIT OF THE ARIANA LAGOON, TUNISIA (A HUMID ZONE IN THE NORTHERN MAGHREB)

The Sebkha of Ariana, covering 30 to 35 km<sup>2</sup> is a closed lagoon, located south of the Medjerda and considered to be part of the Maghreb humid zones. It belongs to the Mediterranean coast and is positioned on the N-W margin of the Gulf of Tunis. The Sebkha is situated on Quaternary lowland resulting from the filling-up of a shallow gulf by alluvial deposits sourced from the Medjerda delta. Historically at - 190 ka, the lagoon was related to the sea but at the present time, being banded up from the sea-side by a beach barrier, is shaped to the sediments of the Medjerda low valley. The study of the evolution and the dynamics of the Ariana Sebkha as well as the recent environmental changes which have governed sedimentation are based on a sedimentological, palaeontological and isotopic approach. For that, six cores (from 20 to 50 m) were realised from four sites of the Sebkha respectively. Furthermore, correlations between the different cores throughout the lagoon have allowed the reconstruction of the spatial-temporal distribution of sediments. The granulometric analyses revealed an alluvial sedimentation mainly composed of argillaceous silts at the base, becoming sandy towards the top. On the other hand, the benthonic fauna determinations of the six cores show a distinct evolution from an open-marine environment to a typically lagoonal environment where fauna are rare to absent. Moreover, the palaeontological study yielded particular benthonic foraminifera associations suggesting important palaeoenvironmental changes which in turn are related to Quaternary climatic changes.

**Keys-words:** Tunisia, Sebkha, Ariana, Quaternary, benthonic foraminifera, sedimentology, Th/U dating.

## 1 - INTRODUCTION

Les zones humides littorales sont l'objet, depuis quelques années, d'une attention particulière sur le plan environnemental. Elles présentent un écosystème complexe et fragile dont l'équilibre et la stabilité (des composantes écologiques et humaines) sont régies par les modes d'occupation du sol, les mutations socio-économiques et les pressions exercées sur l'environnement naturel (l'urbanisation non contrôlée, les rejets

d'eaux usées, les inondations, les activités agricoles dévalorisées, la pollution, etc.).

La sebkha de l'Ariana fait partie des zones humides caractérisées par leur isolement du milieu marin et leur développement dans la zone de croisement des systèmes hydrologiques continentaux et marins. L'équilibre de ce type d'environnement est précaire (Sassi, 1969; Mansouri, 1987) et possède des caractéristiques propres (Mansouri, 1987; Bloundi, 2001) qui le distinguent des autres systèmes littoraux (baies, estuaires, deltas,...).

<sup>1</sup> Laboratoire de Géochimie et de Géologie de l'Environnement, Département de Géologie, Université de Tunis El Manar, Tunis 2092, Tunisie. Courriel : Zaara\_chadia@yahoo.fr

<sup>2</sup> Unité de recherche Environnement Sédimentaire et Structuraux et Système Pétroliers Département de Géologie, Université de Tunis El Manar, Tunis 2092, Tunisie.

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Domaine du CNRS, Av de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette cedex (France).

La maîtrise et la connaissance de l'évolution spatio-temporelle constituent les préalables indispensables à une gestion raisonnée et adaptée d'une sebkha. Aussi, l'impact d'un aménagement éventuel de la sebkha ne peut, en effet, pas être apprécié si l'on ignore son évolution naturelle; c'est-à-dire dans quel sens et à quelle vitesse va évoluer la sebkha, et déterminer les facteurs responsables de cette évolution (Oueslati, 1993 ; Paskoff, 1994 ; Dakki, 2003 ; Bouraoui & Donadieu, 2004).

De ce fait, le suivi spatio-temporel des différentes étapes de formation de la lagune au cours du temps a été basé, dans ce travail, sur l'étude de l'évolution des associations de microorganismes marins présents dans les sédiments à différentes profondeurs, ainsi que sur la datation isotopique Th/U des échantillons les plus représentatifs.

## 2 - CADRE MORPHOLOGIQUE ET GÉOLOGIQUE

La sebkha de l'Ariana est une lagune littorale qui se situe sur la bordure nord-ouest du golfe de Tunis. Au

nord et au nord-est, elle est séparée de la mer Méditerranée par une plage et un cordon littoral qui s'étend de Cap Gammarth à l'actuelle embouchure de l'oued Medjerda (fig. 1). Au sud, cette sebkha est séparée du Lac de Tunis par l'isthme de l'Ariana. A l'ouest, elle est limitée par les reliefs des massifs Nahli constitués par des marnes et des calcaires crétacés (Burollet, 1956), auxquels font suite vers le sud des formations mio-pliocènes composées de sables et d'argiles (Pini, 1971).

Les principales formations géologiques qui affleurent dans la région d'étude s'étalent du Crétacé au Quaternaire (fig. 2). Au niveau de Jebel Nahli, les affleurements sont constitués par une succession de marnes et de calcaires allant de l'Aptien au Paléocène (Burollet, 1956 ; Ben Ayed *et al.*, 1980). Au niveau des collines de Sidi Bou Saïd et Gammarth, les sédiments sont formés par l'alternance de sables, de grès et d'argiles d'âge oligo-plio-quaternaire (Colleuil, 1976 ; Jauzein, 1962 ; Jauzein, 1967). La plaine de Soukra-Chotrana et la partie moyenne de la dépression de l'Ariana, sont occupées par les sables alluvionnaires d'âge quaternaire récent (Pimienta, 1959 ; Jauzein, 1962 ; Jauzein, 1967 ; Ennabli, 1980).

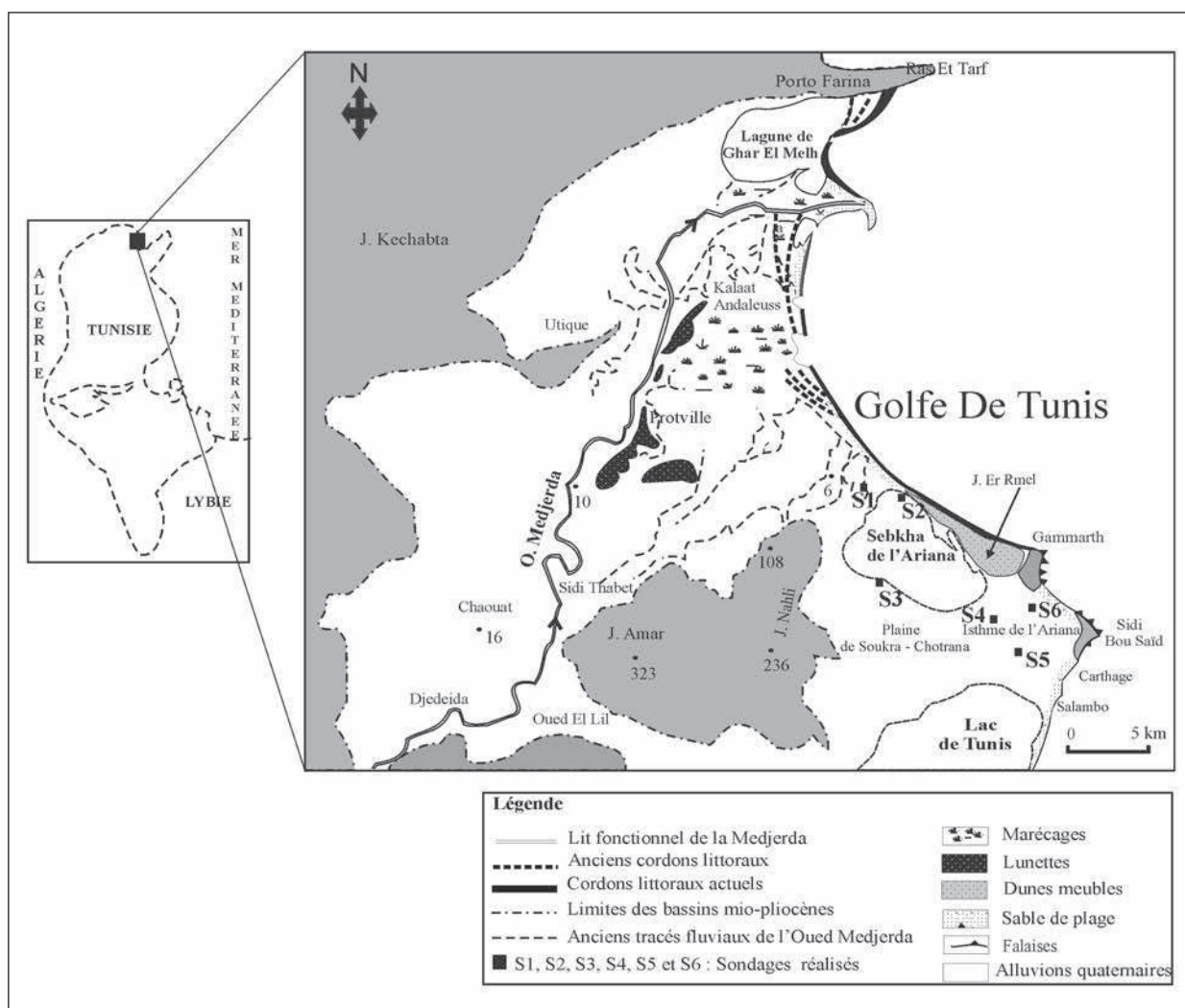
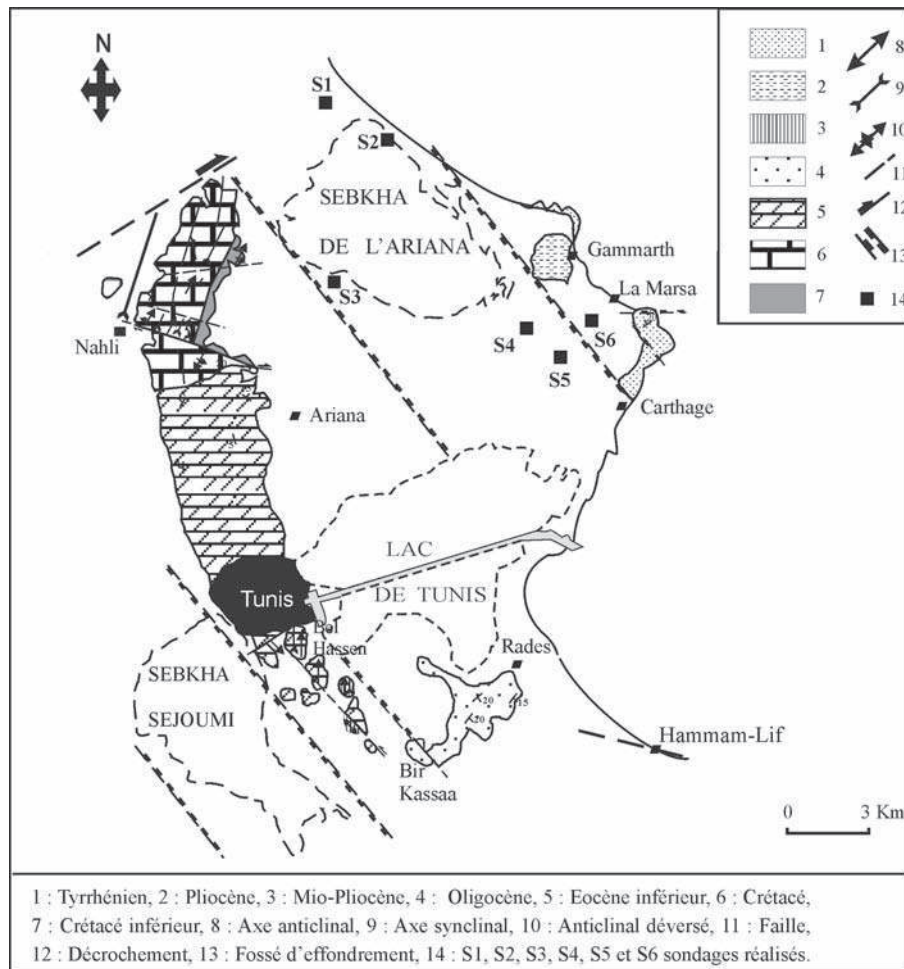


Fig. 1 : Situation géographique de la sebkha de l'Ariana (Pimienta, 1959).

Fig. 1: Geographic situation of the Sebkha Ariana (Pimienta, 1959).



**Fig. 2 : Carte géologique des environs de Tunis (Pini, 1971 ; Ben Ayed & Viguier, 1978 ; Ben Ayed *et al.*, 1985).**

*Fig. 2: Geological map of Tunis area (Pini, 1971 ; Ben Ayed & Viguier, 1978 ; Ben Ayed *et al.*, 1985).*

La sebkha de l'Ariana est un fossé quaternaire délimité par des failles normales de direction NW-SE (Ben Ayed *et al.*, 1985), qui ont conduit à une structuration en horst et en graben (Ben Ayed *et al.*, 1985 ; Ammar & Ben Ayed, 1988). Les horsts correspondent aux reliefs de Nahli à l'ouest et Gammarth-Carthage à l'est. Le graben est occupé par la plaine de Soukra-Chotrana dont une grande partie correspond à la sebkha de l'Ariana (Ben Ayed, 1986 ; Ben Ayed, 2003). Ces failles sont masquées par des remplissages de dépôts récents à actuels (Pimienta, 1959 ; Jauzein, 1967).

### 3 - MATÉRIEL ET MÉTHODES DE TRAVAIL

Six carottes S1, S2, S3, S4, S5 et S6 de 20 à 50 m de longueur, ont été prélevées respectivement au nord ouest, au nord, au centre et au sud du bassin, pour couvrir la majeure partie du bassin. Ces carottes ont été soumises à une description lithologique immédiatement après leur prélèvement. La description lithologique et le découpage des niveaux sédimentaires ont été réalisés en fonction de la profondeur et du changement de couleur ou de faciès des portions d'épaisseurs variables. Les échantillons prélevés à différentes profondeurs ont été séchés à 45 °C et soumis à des analyses granulométriques. Ces dernières

consistent à séparer la fraction grossière de la fraction fine par voie humide à l'aide d'un tamis à 63 µm. La fraction supérieure à 63 µm, une fois décalcifiée avec l'acide chlorhydrique (0,1N), est tamisée sur une colonne de 9 tamis de la gamme «AFNOR» pendant 15 mn. La séparation entre les silts et les argiles dans la fraction fine inférieure à 63 µm a été réalisée par Laser sur «MASTERSIZER S».

Le suivi de l'évolution des associations faunistiques a été réalisé à partir de l'analyse des foraminifères benthiques présents dans les prélèvements pris à différentes profondeurs des carottes S2 et S4 (fig. 1). Ces foraminifères ont été triés sous la loupe binoculaire à partir des résidus de lavage de la fraction supérieure à 63 µm.

Pour la détermination de l'âge exact du dépôt corallien marin prélevé au sud du bassin sédimentaire de la sebkha de l'Ariana (fig. 1), nous avons appliqué la méthode de datation Th/U. Les échantillons des carottes S4 (à 13 m de profondeur) et S5 (à 16 m, 17 m et 19 m de profondeur) ont été analysés par spectrométrie alpha après totale dissolution et addition de traceur  $^{232}\text{U}/^{228}\text{Th}$  suivant une méthode dérivée de celle de Ku (1976) (tab. 1). L'échantillon «S4-13.2» a été lavé en milieu acide, avant la mise en solution, pour séparer d'éventuelles pollutions par des matériaux externes au corail. La présence de  $^{232}\text{Th}$  qui se traduit par des rapports  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  forts, montre que cette



échantillon	$^{238}\text{U}$ (ppm)	$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}_m$	$^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$	Age - Th (ka)	$^{234}\text{U} / ^{238}\text{U}_i$	$^{230}\text{Th} / ^{232}\text{Th}$
S5-16m.	3,65 ± 0,07	1,112 ± 0,016	0,858 ± 0,014	198 <sup>+11</sup> <sub>-10</sub>	1,20 ± 0,03	148 ± 30
S5-17m.	3,47 ± 0,007	1,081 ± 0,017	0,886 ± 0,013	221 <sup>+12,5</sup> <sub>-11,2</sub>	1,15 ± 0,03	36 ± 10
S5-19m.	3,333 ± 0,095	1,127 ± 0,026	0,870 ± 0,018	204 <sup>+14</sup> <sub>-16</sub>	1,23 ± 0,05	84 ± 16
S4-13m. <sub>1</sub>	3,475 ± 0,044	1,082 ± 0,013	0,916 ± 0,013	247 <sup>+12</sup> <sub>-11</sub>	1,16 ± 0,03	27 ± 2
S4-13m. <sub>2</sub> Lavé	3,285 ± 0,038	1,079 ± 0,016	0,898 ± 0,020	230 <sup>+21</sup> <sub>-18</sub>	1,15 ± 0,03	>2000

Tab. 1 : Datation isotopique par Th/U de dépôts coralliens marins prélevés au sud du bassin sédimentaire de la sebkha de l'Ariana.

Tab. 1: Th/U isotopic date of marine corals deposits sampled to the south of the sedimentary basin of the Sebkha Ariana.

pollution peut être importante et conduit à des âges Th/U trop vieux (Ku & Liang, 1984); c'est pourquoi nous avons appliqué la méthode des isochrones aux quatre échantillons qui avaient subi une attaque totale (Bishoff & Fitzpatrick, 1991). Compte tenu des barres d'erreurs, l'âge obtenu par cette méthode; 191 (2Σ = +18, -16) ka concorde avec celui obtenu par l'échantillon «S4-13<sub>2</sub>» après lavage; 230 (2Σ = +42, -36) ka, ce qui correspond au stade isotopique 7, soit l'avant dernier haut niveau marin qui se trouve juste au-dessous du dernier interglaciaire (Reyss *et al.*, 1993).

#### 4 - ANALYSE SÉDIMENTOLOGIQUE ET PALÉONTOLOGIQUE DES CAROTTES

##### 4.1 - CARACTÈRES SÉDIMENTOLOGIQUES DES CAROTTES

Les résultats granulométriques de la fraction grossière ( $f > 63 \mu\text{m}$ ) et de la fraction fine ( $f < 63 \mu\text{m}$ ), des sédiments des six carottes (fig. 3) montrent la prédominance des dépôts sableux et des silts argileux organiques. En effet, au nord de la sebkha, suivant une radiale nord-ouest - sud-est (S1, S2 et S6), le faciès est formé de silts argileux à la base, intercalés par quelques niveaux sableux, lenticulaires d'épaisseurs variables (0,5 à 4 m). Ces silts argileux sont surmontés par un niveau sableux dont l'épaisseur augmente en allant vers le sud-est, avec un changement du faciès (fig. 3-A) caractérisé par l'apparition de niveaux calcaires à coraux (S6). Au sud-est de la sebkha, le faciès est essentiellement sableux (fig. 3-B), intercalés par des barres calcaires silto-argileux et par des grès argileux.

Les silts argileux sont assez riches en foraminifères benthiques, témoignant d'un milieu de dépôt lagunaire. Ainsi la sebkha de l'Ariana et ses environs auraient accumulé d'épaisses séries de sable et des silts argileux d'âge quaternaire. Ces sédiments alluviaux sont en majeure partie, déposés par un ancien cours de la Medjerda,

lorsque celui-ci débouchait dans cet espace (Pimienta, 1959; Jauzein, 1967; Jauzein, 1971; Ennabli, 1980).

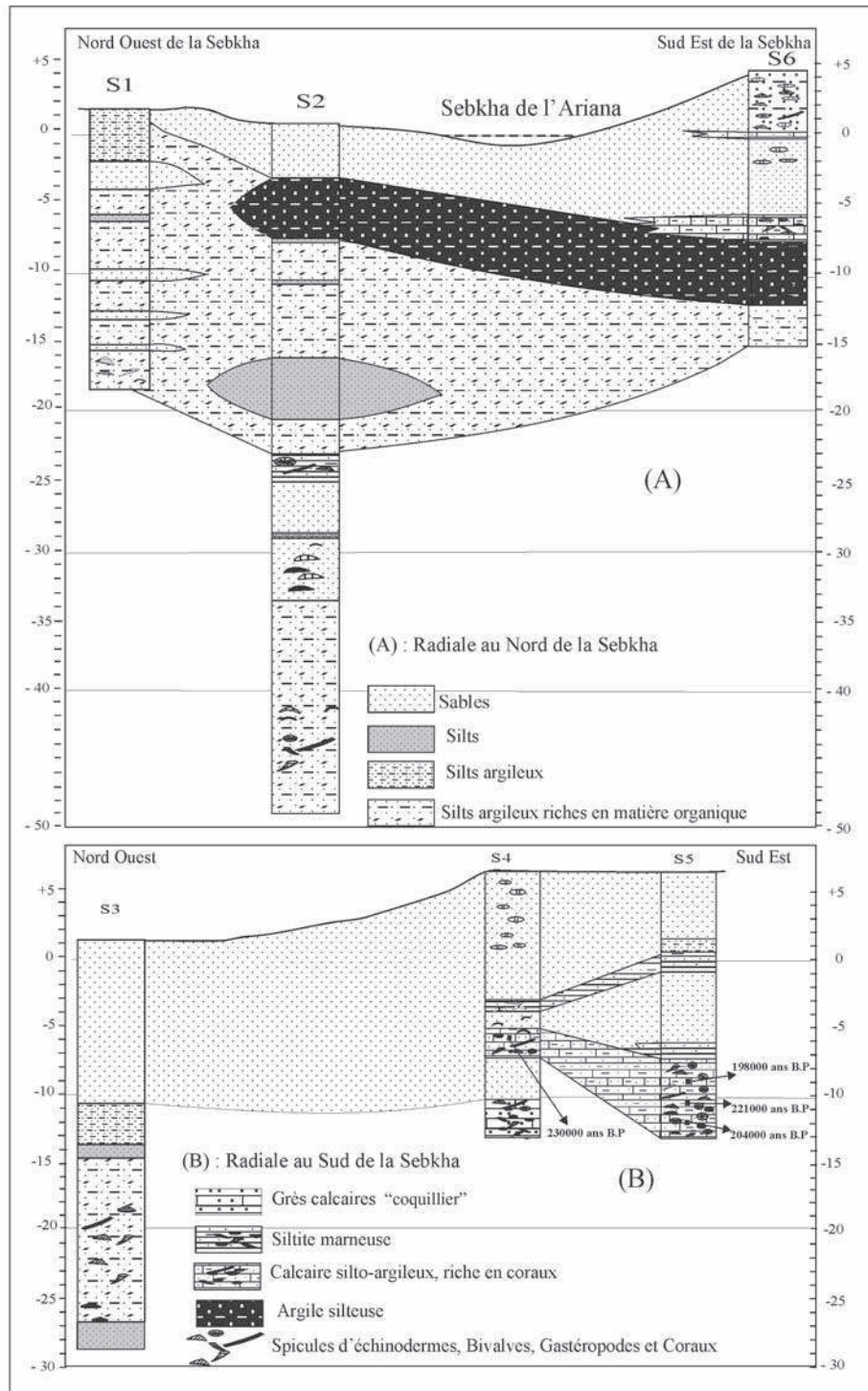
Au sud-est du bassin (S4), le dépôt sédimentaire est pratiquement formé par des sables fins, intercalés par des niveaux consolidés de calcaires silto-argileux et de grès marneux. Ces niveaux sont riches en foraminifères benthiques (entre autres Miliolidae, *Elphidium* et *Ammonia*), et en coraux témoignant d'un milieu de dépôt franchement marin peu profond.

##### 4.2 - ANALYSE PALÉONTOLOGIQUE DES CAROTTES S2 ET S4

Les associations faunistiques dégagées (Planches I, II, III et IV) des deux carottes étudiées, montrent une évolution générale d'un milieu ouvert vers un milieu fermé. Ces associations ont une extension très variable selon la position géographique des stations de prélèvement (fig. 1).

##### 4.2.1 - Description faunistique de la carotte S2 (bordure nord de la sebkha), (fig. 4)

– Unité I (de 50 à 34,6 m): silts argileux, de couleur noirâtre, assez riches en matière organique. Dans ces dépôts, les foraminifères planctoniques (*Globotruncana*, *Edbergella*, *Globorotalia*...) correspondent à des formes remaniées et émoussées, transportées et déposées dans le milieu par l'oued Medjerda témoignant ainsi d'une influence continentale. Vers 45 m de profondeur, dans le niveau de silts argileux, on note un enrichissement en foraminifères benthiques, parmi lesquels on reconnaît des Miliolidae (Planche IV) (*Quinqueloculina sp.*, *Triloculina tricarinata*, *Triloculina gibba*, *Triloculina linneiana*, *Adelosina mediterraneensis*,...), des Elphidiidae (*Elphidium macellum*, *Elphidium crispum*, *Elphidium aculeatum*, *Elphidium cf. advenum*) (Planche II), des *Ammonia*, des radioles d'échinodermes et des coraux isolés. Ces silts argileux compacts montrent des structures de dessiccation.



**Fig. 3 : Modalité de comblement sédimentaire de la sebkha de l'Ariana.**  
*Fig. 3: Sedimentary filling-up modalities of the Sebkhah of Ariana.*

Cependant, l'observation microscopique de ce niveau sédimentaire (à 45 m), a permis de déceler la présence de pyrite et de fins cristaux gypseux ayant la forme de fines aiguilles. Ceci témoigne qu'à partir de ce niveau, le milieu de dépôt était de type lagune largement ouverte sur la mer.

– Unité II (de 34,6 à 24 m) : faciès sableux presque azoïque, intercalé par des bancs de grès ferrugineux de couleur rougeâtre. Le grès ferrugineux devient beaucoup

plus épais vers le sommet de cette unité et beaucoup plus riche en bioclastes calcaires associés à quelques foraminifères benthiques et à des spicules d'échinodermes (Planche V, fig. A et B). Il montre des structures de dessiccations, comparables à celles observées à 45 m de profondeur.

– Unité III (de 24 à 8,4 m) : silts argileux, avec intercalations de niveaux sableux, riches en matière organique. A la base de cette unité, au niveau des silts argileux, on

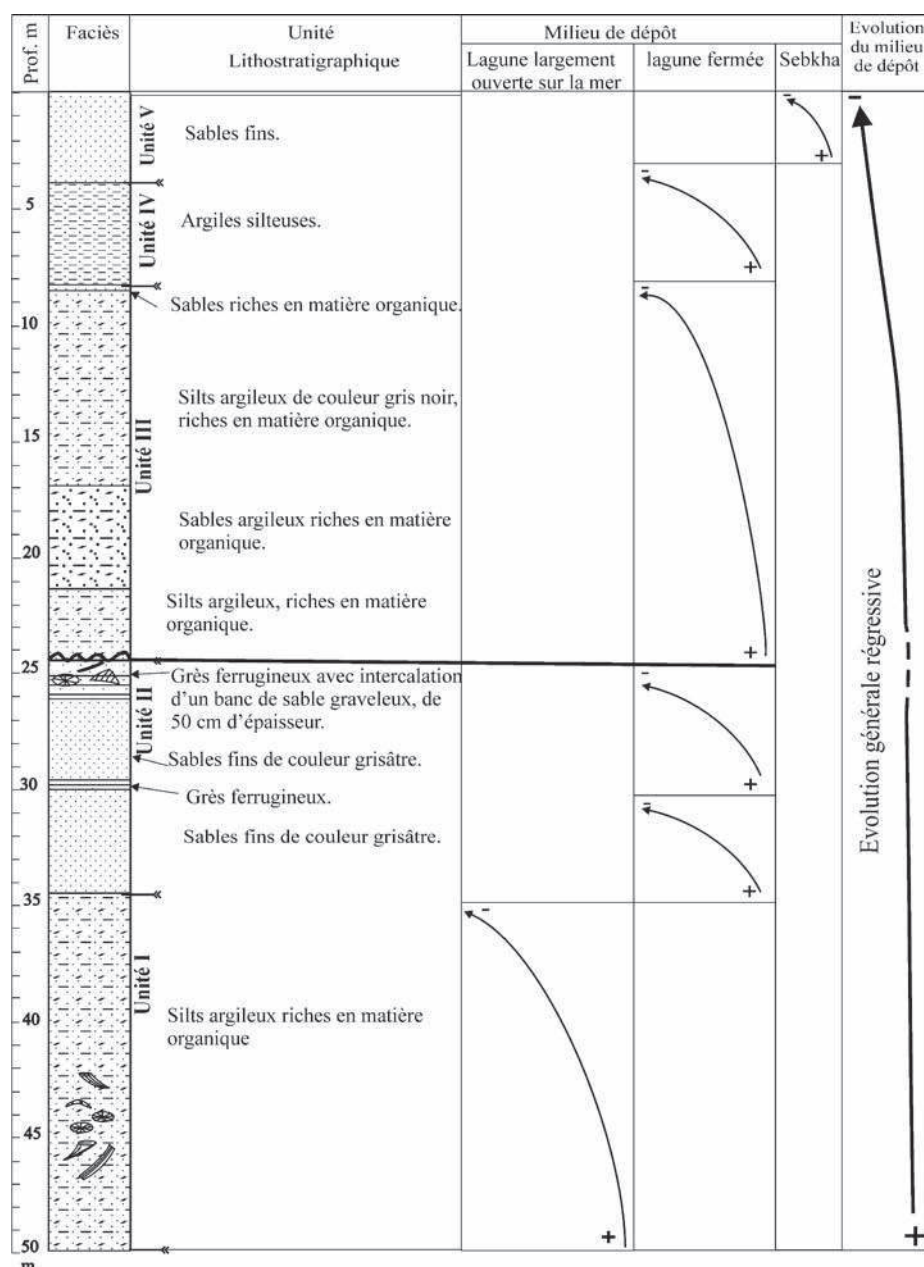


Fig. 4 : log lithologique du sondage carotté S2 implanté au nord de la sebkha.

Fig. 4: Lithological log of the S2 cored borehole located to the North of the Sebkhah.

note une abondance de foraminifères benthiques à tests hyalins, présentant la même association (des *Ammonia*, des *Miliolidae*, des *Elphidiidae* et des ostracodes) que celle décrite précédemment à 45 m de profondeur et témoignant d'un milieu lagunaire fermé, siège d'une sédimentation vaseuse.

Les sables argileux, sont caractérisés par la présence de grains de glauconie associés à des spicules d'oursins. Les rares foraminifères sont représentés par des formes planctoniques remaniées (*Globotruncana*), émoussées et mal conservées, transportées et déposées par l'oued Medjerda, témoignant d'un milieu lagunaire vaseux sous influence continentale.

– Unité IV (de 8,4 à 4 m) : argiles silteuses de couleur grisâtre. Les rares foraminifères, remaniés et émoussés, correspondent à des foraminifères planctoniques du

Crétacé. Ils confirment un apport sédimentaire d'origine fluviale. A 6 m de profondeur, on note la présence de quelques grains de glauconie, hérités des argiles et des marnes à passées glauconitiques, datées de l'Eocène inférieur (terme inférieur de la formation Bou Dabbous) qui affleurent au Jebel Amar et Nahli (Fournié, 1978).

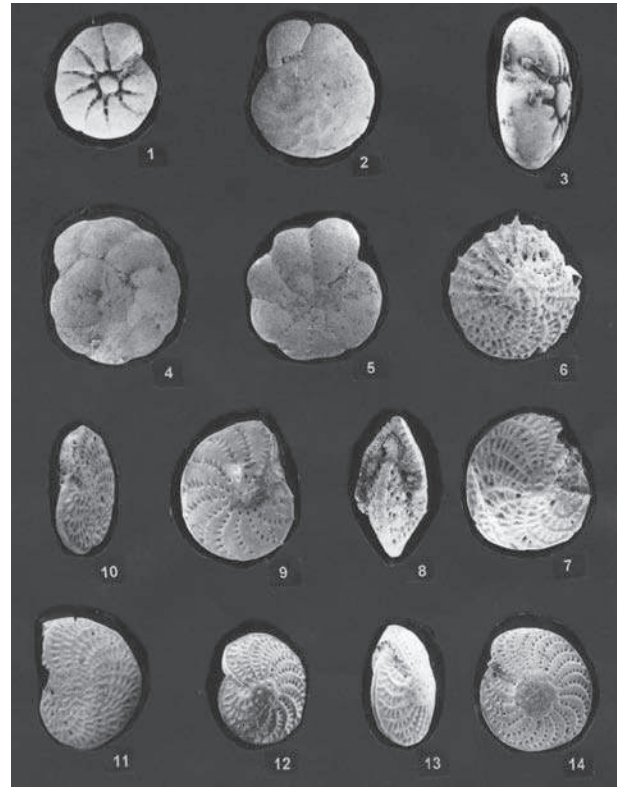
– Unité V (de 4 à 0 m) : sables fins de couleur jaune à ocre, riches en oxydes de fer. Ce faciès, essentiellement sableux, est formé de quartz et de calcite. Les foraminifères planctoniques (*Globotruncana*, *Hedbergella* et *Heterohelix*), sont remaniés, mal conservés et émoussés. Ils proviennent des affleurements du Crétacé supérieur traversés et transportés par les oueds.

Ce niveau sableux, épais de 4 m est très pauvre en foraminifères benthiques. Cependant en allant vers le sud-est de la sebkha, au niveau de l'isthme de l'Ariana (S6), on





**Planche I:** 1, 2, 4, 5, 8 et 9 *Ammonia beccarii* (1 et 4 face spirale, x 75); (2, 5 et 9 face ombilicale; 8 vue de profil, x 100). 3 et 6 *Ammonia punctatogranosa* (3 face spirale, x 75; 6 vue de profil, x 100). 7 *Ammonia inflata*, vue spirale, x 100. 10-12 *Ammonia convexa* (10 face ombilicale, x 150; 11 face spirale, x 150; 12 vue de profil, x 100).  
**Plate I:** 1, 2, 4, 5, 8 and 9 *Ammonia beccarii* (1 & 4 spiral side, x 75); (2, 5 & 9 umbilical side; 8 profile view) x 100. 3 & 6 *Ammonia punctatogranosa* (3 spiral side, x 75; 6 profile view, x 100). 7 *Ammonia inflata*, spiral side, x 100. 10-12 *Ammonia convexa* (10 umbilical side, x 150; 11 spiral side, x 150; 12 profile view, x 100).



**Planche II:** 1-3 *Ammonia gr. beccarii* (1 face ombilicale; 2 face spirale; 3 vue de profil) x 150. 4-5 *Ammonia cf. inflata* (4 face spirale; 5 face ombilicale) x 150. 6-7 *Elphidium aculeatum* (face spirale, x 100). 8-9 *Elphidium cf. advenum* (8 vue de profil, x 200; 9 vue latérale, x 150). 10-11 *Elphidium macellum* (10 vue de profil; 11 vue latérale) x 100. 12-14 *Elphidium crispum* (12 et 14 vue latérale; 13 vue de profil) x 100.  
**Plate II:** 1-3 *Ammonia gr. beccarii* (1 umbilical side; 2 spiral side; 3 profile view) x 150. 4-5 *Ammonia cf. inflata* (4 spiral side; 5 umbilical side) x 150. 6-7 *Elphidium aculeatum* (spiral side, x 100). 8-9 *Elphidium cf. advenum* (8 profile view, x 200; 9 lateral view, x 150). 10-11 *Elphidium macellum* (10 profile view; 11 lateral view) x 100. 12-14 *Elphidium crispum* (12 & 14 lateral view; 13 profile view) x 100.

passé à un niveau assez épais, formé de sables fins et de sables argileux vaseux avec des concrétions de grès calcaire de 11 m d'épaisseur (fig. 5). Ces sables sont intercalés (à environ 4,5 m) par une dalle de calcaire argileux, épaisse de 50 cm, riche en foraminifères benthiques, et à caractère franchement marin. Cette dalle est marquée par des structures stromatolitiques (Planche VI, fig A), témoignant d'un environnement très peu profond (infra-tidal, zone de balancement).

### 3.4.2 - Dans la carotte S4 (fig. 6)

– Unité I (de 20 à 17 m) : grès calcaires, de couleur brunâtre, avec une association faunistique riche bien conservée et diversifiée, représentée par *Elphidium aculeatum*, des *Ammonia* (*Ammonia beccarii*,...), des Miliolidae (*Quinqueloculina Triloculina*) associés à des fragments de coquilles de bivalves, de gastéropodes comme *Turritella bratula*, *Bittium reticulatum*, des spicules d'oursins et des coraux (Planche VI, fig. B, C et D). Cette association essentiellement benthique, est caractéristique d'un milieu marin chaud et peu profond.

– Unité II (de 17 à 14 m) : faciès sableux. Les sables sont moyens à la base et fins au sommet. Ils renferment

la même association de foraminifères que le niveau précédent. Les formes benthiques, en bon état de conservation, sont abondantes dans les sables fins. On y reconnaît des *Ammonia*, des *Elphidium*, des Miliolidae, des ostracodes, des gastéropodes et des radioles d'échinodermes, témoignant d'un milieu franchement marin.

– Unité III (de 14 à 11,8 m) : le dépôt se caractérise par un calcaire silto-argileux, riche en coraux et en foraminifères, essentiellement de formes benthiques parmi lesquels on reconnaît les Miliolidae (*Triloculina*, *Quinqueloculina*). Les *Elphidium* sont peu abondants, associés à des Miliolidae et des ostracodes remplis de matière organique. L'observation microscopique de ce calcaire silto-argileux, montre un niveau bioclastique riche en gastéropodes et en bivalves (Planche VI, fig. B, C et D). On note aussi la présence de structures de dessiccation dont les fentes sont remplies de calcite (Planche V, fig. D).

Ce niveau daté à l'aide de la méthode Th/U a fourni un âge de 191 ( $2\sigma = +18, -16$ ) ka, qui correspond au stade isotopique 7a (~ 200 000 ans), soit l'avant dernier haut niveau marin avant le dernier interglaciaire (Jedoui *et al.*, 2003). Il s'agit donc d'un dépôt marin du Pléistocène moyen qui se retrouve à une altitude inférieure à celle du niveau marin actuel (-5,8 à -8 m).





**Planche III :** 1 *Elphidium translucens* Natland (vue latérale, x 200). 2-3 *Rosalina orientalis* (2 face spirale; 3 face ombilicale) x 75. 4-6 *Rosalina bradyi* Cushman (4 face spirale; 5 vue de profil; 6 face ombilicale) x 150. 7-9 *Haynesina depressula* (7 et 9 vue latérale; 8 vue de profil) x 150. 10-12 *Eponides repandus* (10 face spirale; 11 vue de profil et 12 face ombilicale) x 100.

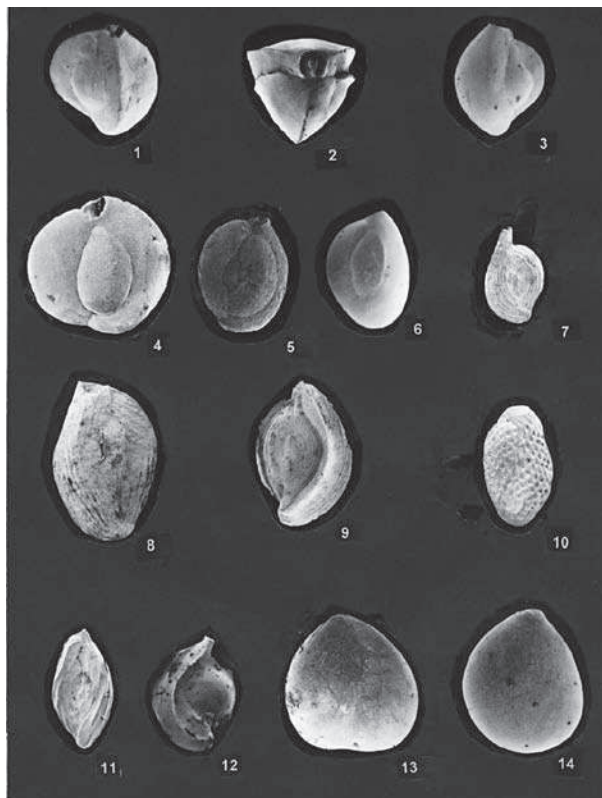
**Plate III:** 1 *Elphidium translucens* Natland (lateral view, x 200). 2-3 *Rosalina orientalis* (2 spiral face; 3 umbilical face) x 75. 4-6 *Rosalina bradyi* Cushman (4 spiral face; 5 profile view; 6 umbilical face) x 150. 7-9 *Haynesina depressula* (7 & 9 lateral face; 8 profile view) x 150. 10-12 *Eponides repandus* (10 spiral face; 11 profile view and 12 umbilical face) x 100.

Le calcaire silto-argileux a révélé l'existence de structures de dessiccation (Planche V, fig. D). Ces niveaux sédimentaires à aspects rougeâtres sont riches en oxydes de fer et en foraminifères benthiques (essentiellement des *Ammonia*), dont les tests sont souvent usés et épigénisés par des oxydes de fer et de la glauconie, ce qui pourrait traduire une phase d'émersion.

– Unité IV (de 11,8 à 10,5 m): sables très fins de couleur jaunâtre, avec quelques foraminifères principalement benthiques (*Ammonia*) et des ostracodes, bien conservés.

– Unité V (de 10,5 à 9,6 m): ce niveau caractérisé par des siltites marneuses, très riche en microfaune, présente la même association faunique que le niveau précédent (14 - 11,8 m). Les formes benthiques bien conservées témoignent de l'influence marine. La présence timide d'une faune planctonique remaniée (*Globotruncana*) indique un apport continental (remaniements des dépôts crétacés).

– Unité VI (de 9,6 - 0 m): sables fins de couleur jaunâtre. L'association faunique est comparable à celle des niveaux sous-jacents, mais elle est très peu abondante. Les foraminifères trouvés à la base de ce faciès



**Planche IV :** 1-2 *Triloculina tricarinata* (1 vue profil, x 75; 2 vue orale, x 100). 3-4 *Triloculina gibba*, x 100. 5-6 *Quinqueloculina* sp., x 100. 7 *Adelosina mediterraneensis*, x 75. 8 *Triloculina linneiana*, x 75. 9 *Adelosina* sp., x 50. 10 *Lachlanella* sp., x 100. 11 *Spirilloculina* sp., x 75. 12 *Pyrgo* sp., x 75. 13-14 *Lagena* cf. *globosa*, x 100.

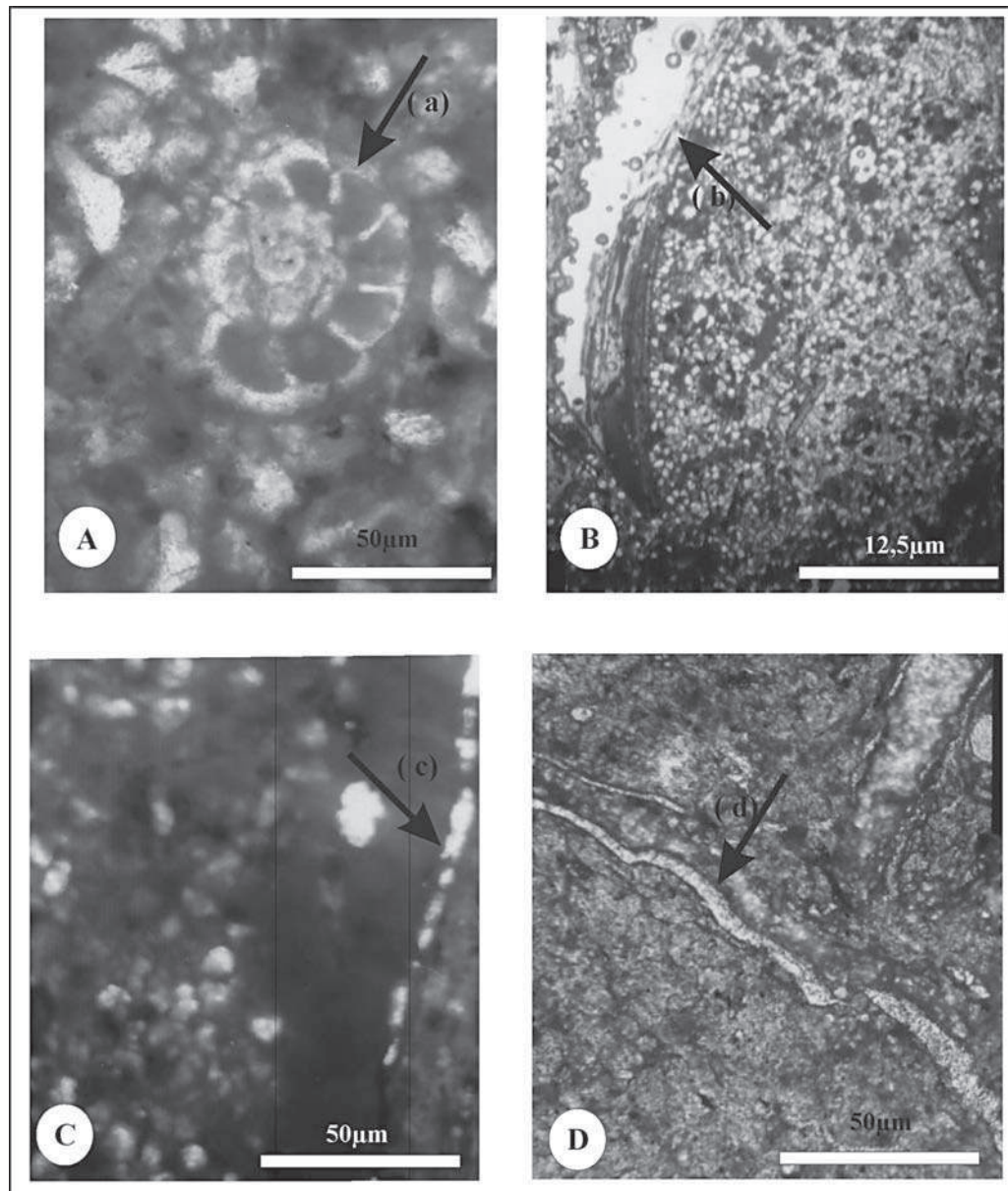
**Plate IV:** 1-2 *Triloculina tricarinata* (1 profile view, x 75; 2 oral view, x 100). 3-4 *Triloculina gibba*, x 100. 5-6 *Quinqueloculina* sp., x 100. 7 *Adelosina mediterraneensis*, x 75. 8 *Triloculina linneiana*, x 75. 9 *Adelosina* sp., x 50. 10 *Lachlanella* sp., x 100. 11 *Spirilloculina* sp., x 75. 12 *Pyrgo* sp., x 75. 13-14 *Lagena* cf. *globosa*, x 100.

sableux sont bien conservés et frais, ils témoignent de l'influence marine dans un milieu lagunaire ouvert. Au-dessus de 4 m et jusqu'à la surface, le sédiment est presque azoïque ce qui pourrait indiquer la fermeture de la lagune et son comblement en grande partie par les apports fluviaux. Ces apports détritiques terrigènes déposés au sud de la sebkha (plaine de Soukra-Chotrana) correspondent à des sables fins enrichis en concrétions calcaires blanchâtres qui pourraient être issus des calcaires du Crétacé supérieur (Burollet, 1956; Ben Ayed *et al.*, 1985), dont les dépôts affleurent au nord des massifs de Jebel Nahli.

#### 4 - EVOLUTION DU MILIEU DE DÉPÔT

D'après les travaux antérieurs (Pimienta, 1953, 1959; Jauzien, 1967, 1971), la sebkha de l'Ariana a été un petit golfe ouvert (50 000 ans BP) sur la Méditerranée, comblé ensuite par les apports fluviaux de l'ancien cours de la Medjerda qui débouchait dans cette zone.

L'analyse qualitative des Foraminifères benthiques et planctoniques, particulièrement sensibles aux variations



**Planche V :** **A et B** (S2 : niveau compris entre 24 et 28 m) : grès ferrugineux riche en foraminifères benthiques (a) et bivalves (b); **C** (S2 : 24-28 m) : structures de dessiccation (C) dans le grès ferrugineux; **D** (S4 : 11,8-14 m) : structures de dessiccation (d) dans le calcaires silto-argileux.  
**Plate V: A & B** (S2: level comprised between 24 and 28 m): iron sandstones rich in benthic foraminifera (a) and bivalvia (b); **C** (S2: 24-28 m): dessiccation structures (C) within the iron sandstones; **D** (S4: 11.8-14 m): dessiccation structures (d) within the silty shaly limestones.

de l'environnement marin, fournit des renseignements sur les conditions de sédimentation et sur la présence d'éventuels remaniements ((Zaoauli, 1971; Mansouri, 1979; Irzi, 1987, 2001). L'étude sédimentologique et microfaunique des sédiments du bassin sédimentaire de la sebkha de l'Ariana permet de reconstituer l'évolution paléogéographique du graben situé au nord de Tunis, entre le horst de Gammarth-Carthage à l'est et de Nahli à l'ouest (fig. 7). La datation des coraux précise la position chronologique d'une partie du remplissage sédimentaire.

#### 4-1 - LA PHASE FRANCHEMENT MARINE

Lors de la phase transgressive, la mer couvrait toute la zone occupée par la sebkha de l'Ariana et le lac de

Tunis (fig. 7A). Au nord-ouest de la dépression de l'Ariana (S2) se déposent des sables et des silts plus ou moins argileux (unité I et II) renfermant une microfaune marine essentiellement benthique: *Ammonia beccarii*, *Quinqueloculina sp.*, *Rosalina globularis*, *Elphidium crispum*, comparable à celle qui vit actuellement dans le golfe de Tunis (Soussi, 1981; Ben Abdelkader & Soussi, 1996), dans le lac de Tunis (Zaoauli, 1971; Carbonel *et al.*, 1981), dans le golfe de Gabès (Blanc-Vernet *et al.*, 1979), dans la baie de Bou-Ismaïl au nord de l'Algérie (Mouelfi-El-Houari *et al.*, 1999) et dans l'océan Atlantique, à l'est de la péninsule de Dakar au Sénégal (Debenay & Redois, 1997). La présence de nombreuses formes planctoniques émoussées, mal conservées: *Globotruncana*, *Rotalipora*, *Edbergella*, remaniées du



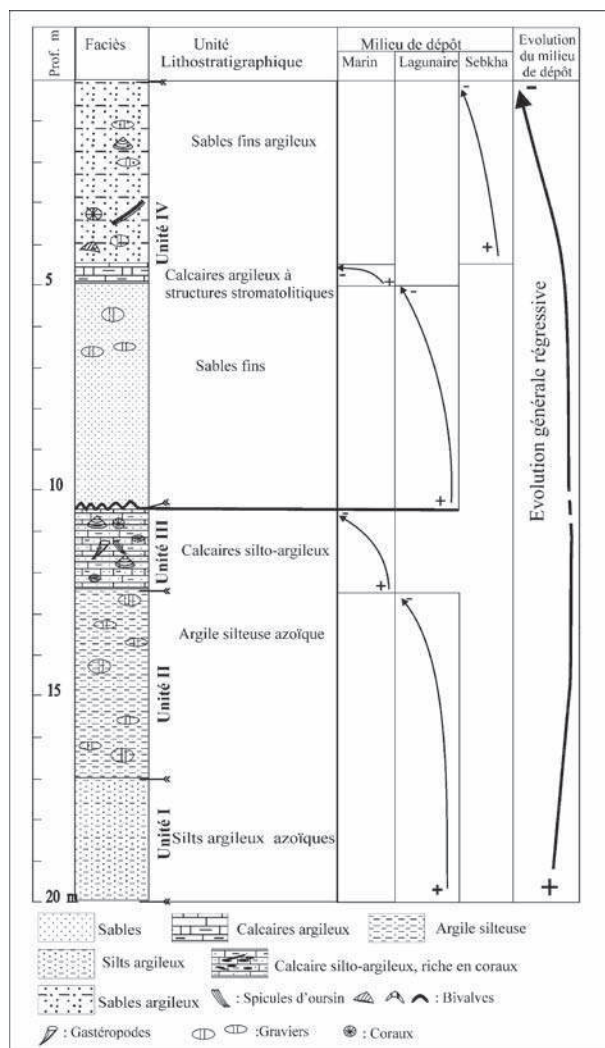


Fig. 5: Log lithologique du sondage S6 implanté au sud de la sebkha.

Fig. 5: Lithological log of the S6 cored borehole located to the South of the Sebkha.

Crétacé, témoigne de l'importance de l'apport continental par l'intermédiaire de l'oued Medjerda dans ce secteur de la dépression. La présence de pyrite et de gypse à l'échelle microscopique permet d'envisager la possibilité d'assèchements temporaires. L'existence de structure de dessiccation, d'un faciès sableux, azoïque ferrugineux au sommet de l'unité II indique le retrait de la mer et l'émersion.

Dans la partie sud-est de la lagune (S4, S5), des niveaux riches en coraux sont associés à une microfaune benthique, *Ammonia*, *Elphidium*, Miliolidae. Ils ne renferment pas d'éléments crétacés remaniés, indiquant l'absence d'apports continentaux. Cette absence a permis le développement des coraux. Les datations effectuées sur les coraux indiquent un âge de 230 (+42 –36) ka, correspondant au stade isotopique marin 7. La présence de fentes de dessiccation dans le calcaire silto-argileux riche en coraux et celle de niveaux riches en oxydes de fer attestent de la tendance à l'émersion. La

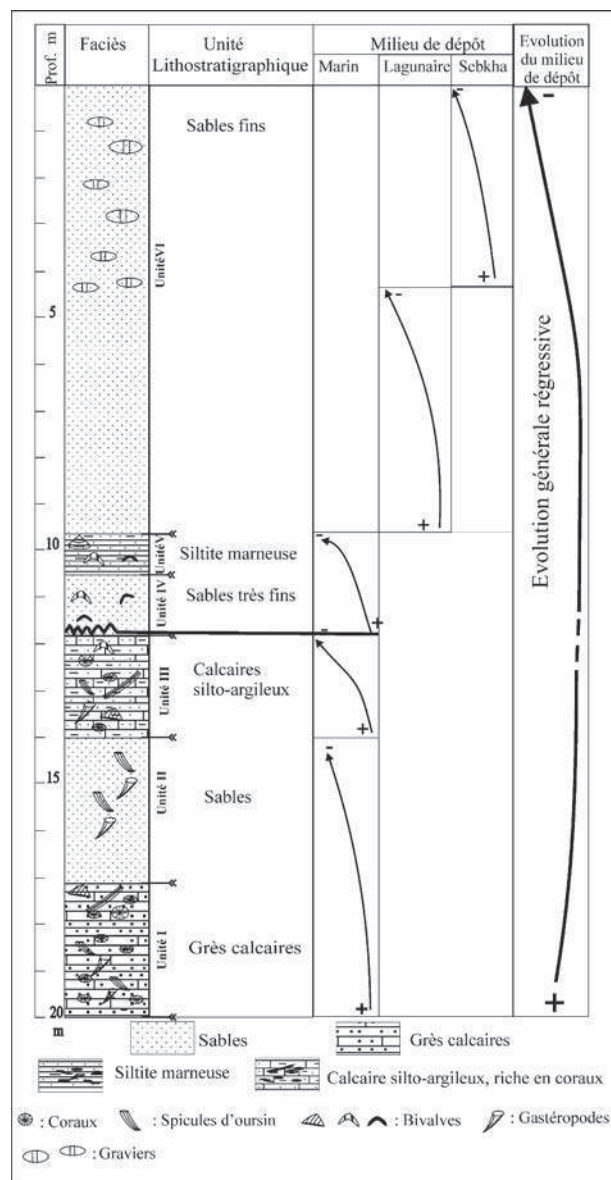
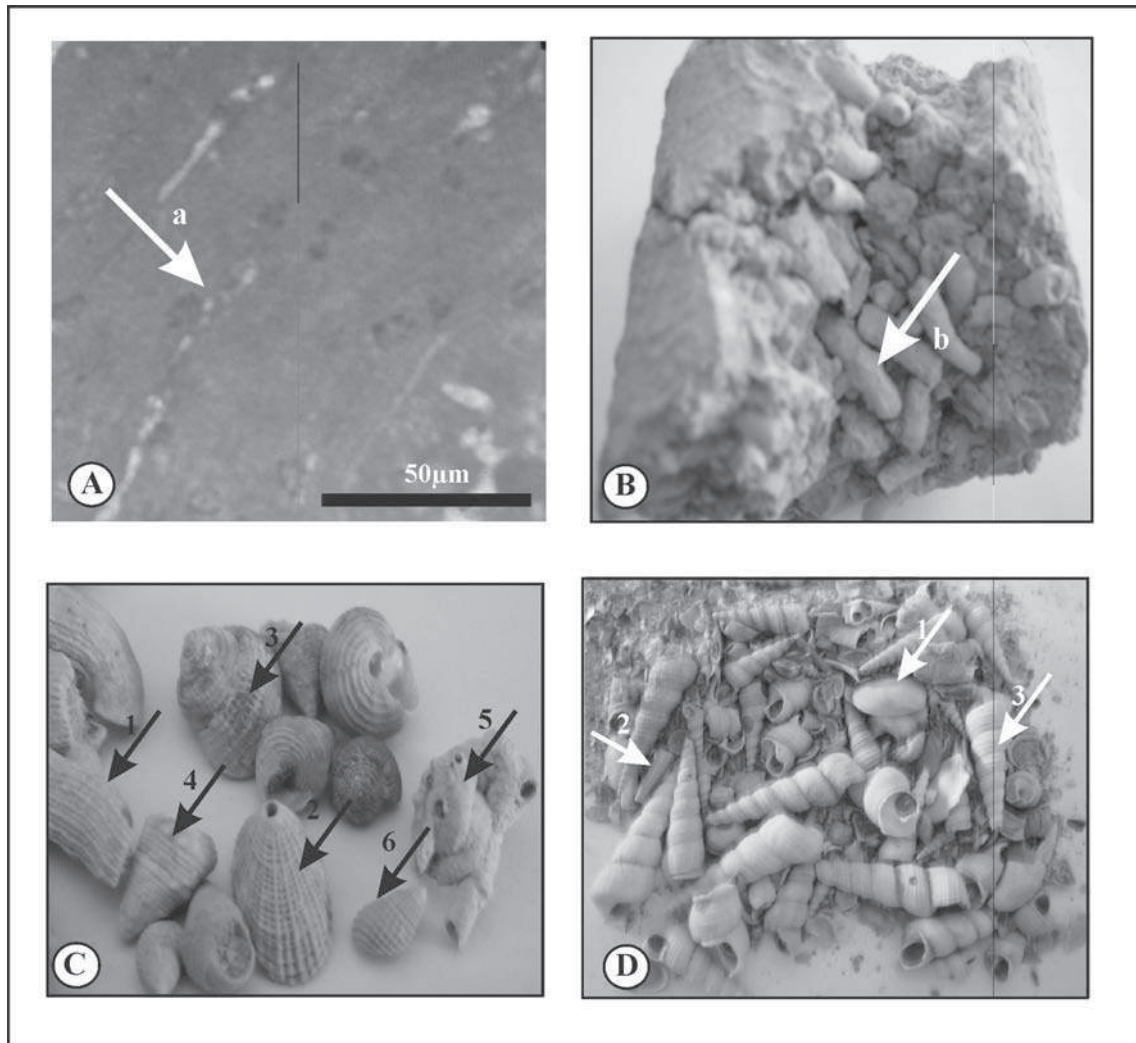


Fig. 6: Log lithologique du sondage S4 implanté au sud de la sebkha (plaine de Soukra).

Fig. 6: Lithological log of the S4 cored borehole located to the South of the Sebkha (Soukra Plain).

mer se retire de la lagune au moment de la régression marine associée au stade isotopique marin 6.

Un niveau corallien a également été trouvé dans la partie sud de la lagune de Tunis à un niveau plus profond, entre 30 m et 100 m (Abidi, 2005; communication orale). Il est possible de supposer que la lagune de Tunis et la sebkha de l'Ariana ont eu la même évolution au cours de l'interglaciaire (stade isotopique 7). Leur évolution paléogéographique était intimement liée au comportement des oueds de la Medjerda et Méliane (Pimienta, 1959; Jauzien, 1967, 1971). La différence d'altitude des dépôts coralliens peut s'expliquer par une tectonique liée à la faille qui limite le bord nord du lac de Tunis (Aattafi, 2006; communication orale) qui aurait entraîné un affaissement plus important de la lagune de Tunis par rapport à la sebkha de l'Ariana. Un phénomène de subsidence dans le graben occupé par les lagunes, due à l'effet conjugué de la tectonique et des importants apports par les oueds Medjerda et Méliane



**Planche VI:** A Structures stromatolitiques (a) observée dans le calcaire argileux au sud-est du bassin à une profondeur comprise entre 4,5 et 5 m; B (S4: 11,8-14 m) : calcaire silto-argileux riche en coraux (b); C (S4: 11,8-14 m): avec 1: corail; 2: *Fissurella italica*; 3: *Clanculus corallinus* Gemlia; 4: *Calliostoma tauromiliare* (Sacco); 5: terriers d'annélides; 6: *Nassa* sp.; D (S1:17,8-20 m): avec *Bittium reticulatum*

Plate VI: A Stromatolites structures (a) observed in the shaly limestones to the south-east of the basin at 4.5 and 5 m depth; B (S4: 11.8-14 m): silty shaly limestones rich in corals (b) C (S4: 11.8-14 m): with 1: Coral; 2: *fissurella italica*; 3: *Clanculus corallinus* Gemlia; 4: *Calliostoma tauromiliare* (Sacco); 5: annelidaes burrows; 6: *Nassa* sp.; D (S1:17.8-20 m): avec 1: bivalvia shells; 2: *echinoderm spicules*; 3: *Bittium reticulatum*.

peut aussi justifier la différence d'altitude des deux dépôts coralliens.

#### 4-2 - LA LAGUNE OUVERTE SUR LA MER.

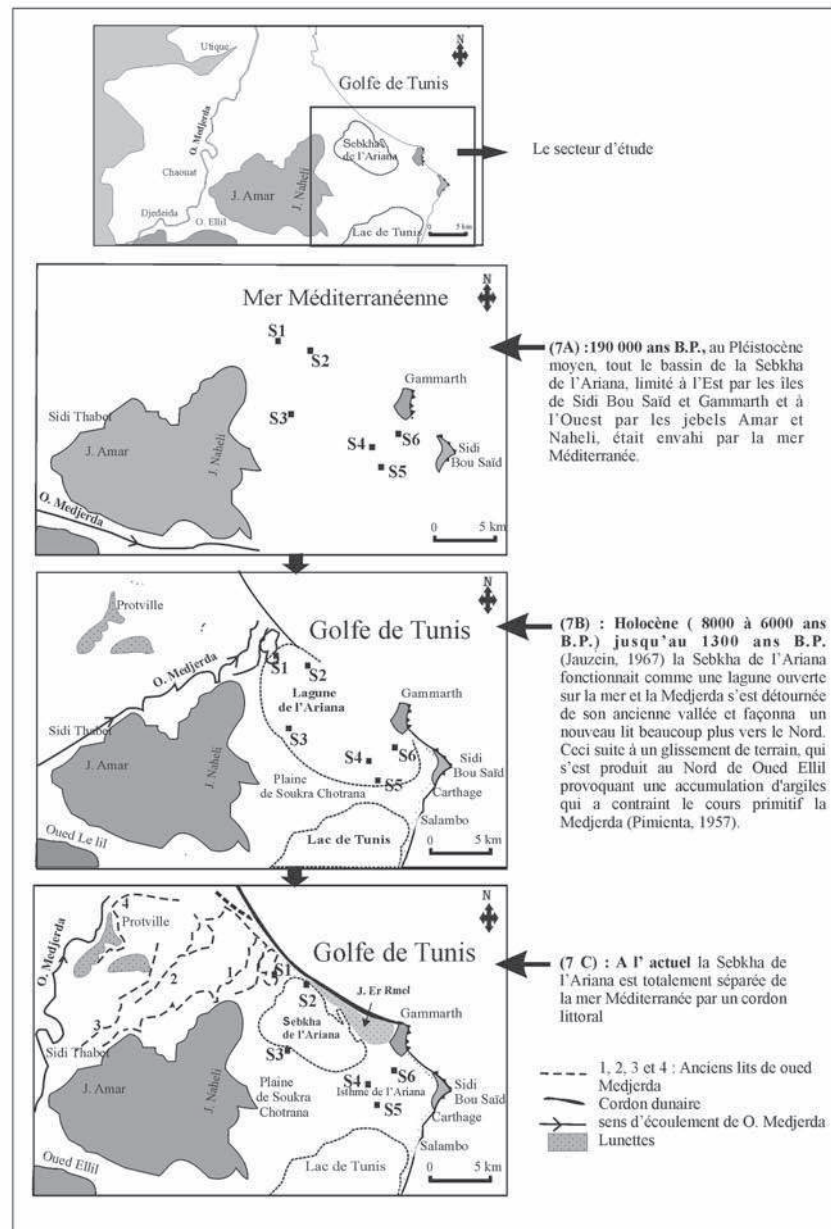
La sédimentation postérieure au stade 7 correspond, dans la dépression de l'Ariana, à une sédimentation holocène (stade isotopique 1). La lagune demeure sous l'influence conjuguée des apports fluviaux, continentaux et des apports marins. Au début de l'Holocène, vers 8000 - 6000 ans BP, alors que la dernière transgression postglaciaire atteint le littoral actuel (Berger, 1978; Duplessy & Ruddiman, 1984; Fairbanks, 1989; Duplessy *et al.*, 1992, 1993; Jedoui *et al.*, 1998; Jedoui, 2000), l'oued Medjerda s'est détourné de son cours primitif et s'est dirigé vers le NE, suite à un glissement de terrain à oued Ellil permettant ainsi l'alluvionnement de toute la surface qui s'offrait à lui, située au nord des Jebels Amar et Nahli (Jauzien *et al.*, 1975). Les apports alluviaux de la Medjerda, une fois

déposés dans le golfe, sont repris par la houle et les courants littoraux et distribués sous forme de flèches littorales qui ont contribué à l'isolement de la lagune. Sa migration a repris vers 2200 ans BP, avant de combler la sebkha de l'Ariana. Cependant la lagune reste assez longtemps ouverte sur la mer puisque les Arabes, vers 1300 ans BP, l'appelaient encore la Mer d'Azur (Jauzien, 1967).

La sédimentation dans la lagune est influencée par les variations du tracé du cours de l'oued Medjerda. Au nord-ouest de la lagune de l'Ariana (fig. 7B), en S2, les argiles silteuses (unité IV) ne renferment que des foraminifères dérivés du Crétacé, indiquant une origine fluviale. Mais en S1, à une profondeur comprise entre 17,8 et 20 m, la présence de l'espèce *Bittium reticulatum* associée à d'autres formes de gastéropodes, des bivalves et des radioles d'échinodermes (Pl. VI, fig.D), témoigne d'un milieu de lagune ouverte sur la mer.

Au sud-est de la lagune (S4), l'influence marine est très sensible dans les unités IV et V. L'association faunis-





**Fig. 7: Evolution paléogéographique de la sebkha de l'Ariana.**

Fig. 7: Palaeogeographic evolution of the sebkha of Ariana.

tique est formée par les foraminifères benthiques des genres *Ammonia* (*A. beccarii*, *A. gr. beccarii*, *A. inflata*), *Elphidium* (*E. crispum*...), des Miliolidae (*Quinqueloculina*, *Triloculina*...). Au niveau du sondage S6, l'influence marine est essentiellement traduite par le calcaire argileux à stromatolithes (épais de 50 cm), témoignant d'un environnement marin très peu profond (zone de balancement de la mer), et par la fraîcheur et l'état de conservation des formes benthiques comme *A. beccarii*, *A. gr. beccarii* et du gastéropode *Bittium reticulatum*. Dans l'ensemble de la lagune, l'influence continentale est caractérisée par la présence d'une faune planctonique remaniée, dans laquelle on reconnaît les formes *Rotalipora*, *Globotruncana* et *Edbergella* d'âge crétacé supérieur (Robaszynsky, 1984) qui indiquent un apport continental à partir des affleurements marno-calcaires des massifs Nahli.

#### 4-3 - LA PHASE DE FORMATION DE LA SEBKHA.

Vers la surface du remplissage sédimentaire du bassin, le changement microfaunistique (Mansouri, 1979; Mansouri *et al.*, 1979), marqué par la dominance des *Ammonia convexa* et *A. inflata* associées aux formes d'ostracodes: *Cyprideis torosa*, *Loxoconcha elliptica*, *Pontocythere*, *Pontocypris* et par des *Tyrrhenocythere* (Krstic, 1977; Yassini & Ghareman, 1976), annonce l'apparition des sulfates dans ce milieu et la fermeture progressive de la lagune.

Actuellement, la fermeture de la lagune et l'installation de la sebkha se traduit par la disparition de toutes les espèces faunistiques. En effet dans le centre de la sebkha, les concentrations en sulfates augmentent avec précipitation de gypse. Cette précipitation forme essentiellement en surface des sels gemmes caractéristiques d'un milieu de dépôt exclusivement évaporitique, de type sebkha.

Ces mêmes conditions ont été observées dans le sud de la Tunisie au niveau des sebkha Boujmel et El Melah (Perthuisot, 1975; Lakhdar *et al.*, 2006).

## 5 - CONCLUSION

Cette étude a permis la reconstitution des paléoenvironnements dans la dépression de l'Ariana depuis 200 000 ans à partir des données sédimentologiques et paléontologiques, essentiellement de l'étude des foraminifères benthiques, provenant de deux sondages carottés, S2 et S4, atteignant respectivement 50 et 20 m de profondeur.

La sebkha de l'Ariana correspondait à une dépression ouverte sur la mer et comblé par les apports fluviaux de l'oued Medjerda. Du nord-ouest au sud-est en passant par la dépression de la sebkha, le stock sédimentaire évolue. Au nord-ouest du bassin, prédomine un faciès silto-argileux. Au centre de la sebkha, ces silts argileux deviennent plus vaseux et sont surmontés par un niveau assez épais de sables fins. La sédimentation silto-argileuse témoigne d'un milieu de dépôt calme et profond qui se réalise par simple décantation. En évoluant vers le sud-est, la sédimentation devient de plus en plus sableuse, fine, parfois graveleuse avec apparition de barres consolidées de grès ferrugineux, de calcaires silto-argileux et de calcaires argileux à structures stromatolitiques. Il faut signaler la présence de lentilles de sable dans les dépôts silto-argileux et de lentilles de silts argileux et d'argiles vaseuses dans les niveaux sableux. Ceci laisse supposer un environnement de type deltaïque à l'embouchure de l'oued Medjerda.

L'association de foraminifères benthiques dans le sédiment profond comprend des formes franchement marines: *Ammonia beccarii*, *Quinqueloculina sp.*, *Rosalina globularis*, *Elphidium crispum*... Leur importance diminue dans les niveaux supérieurs. La présence de foraminifères planctoniques remaniés du Crétacé traduit l'apport de sédiments continentaux. Les associations de foraminifères benthiques concordent avec les associations d'ostracodes reconnues par Mansouri (1979) dans les carottes prélevées, jusqu'à 2 m de profondeur, dans le centre de la sebkha.

L'étude a révélé la présence de deux phases de remplissage de la lagune, séparées par des indices d'émersion: fentes de dessiccation, oxydes de fer... La datation Th/U: 190 (+18, -16) ka, obtenue sur les dépôts coralliens provenant de la partie inférieure du remplissage indique un âge correspondant au stade isotopique marin 7a (environ 200 000 ans). A cette époque, la sebkha de l'Ariana fonctionnait comme un golfe ouvert sur la mer Méditerranée à une altitude de - 8 à - 13 m, inférieure au niveau marin actuel. Ceci pourrait être expliqué par un phénomène d'effondrement du bassin sédimentaire en liaison avec la tectonique et les apports sédimentaires importants provenant des deux oueds Medjerda et Méliane. La partie supérieure du remplissage date de l'Holocène et se serait déposée à partir de

8 000 ans, lorsque la mer, au moment de la déglaciation, se rapproche du littoral actuel.

Un hiatus sédimentaire important semble devoir être envisagé entre 190 000 ans et 8 000 ans BP. Aucun dépôt pouvant être attribué au Tyrrhénien (stade isotopique 5) n'a été reconnu dans la lagune. Le niveau atteint par la mer lors du stade isotopique 5 était cependant nettement supérieur à celui atteint lors du stade isotopique 7 et des dépôts marins d'âge tyrrhénien existent au-dessus du niveau actuel sur le littoral de la péninsule du Cap Bon (Bonvallet & Paskoff, 1983; Chakroun *et al.*, 2009). Des analyses géochronologiques isotopiques détaillées, plus fines devront être faites, de même que des analyses micropaléontologiques, basées sur l'aspect qualitatif et quantitatif des coraux et des foraminifères benthiques afin de mieux suivre l'évolution paléogéographique de la dépression de l'Ariana.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEN ABDELKADER A., & SOUSSI N., 1996 - *Les foraminifères actuels du Golfe de Tunis: répartition et écologie*. Notes du service géologique de Tunisie, 13 p.
- BEN AYED N., & VIGUIER C., 1978 - Observation sur la tectonique récente du Néogène Continental de Tunis. *Bulletin Société des Sciences Naturelles*, Tunisie, 105-108.
- AMMAR H., & BEN AYED N., 1988 - Sur le contrôle tectonique des bassins hydrographiques anciens et récents de la basse vallée de la Medjerda (Tunisie Nord-Orientale). *Revue de Science de la Terre*, 8, 143-152.
- BEN AYED N., VIGUIER C., & BOBIER C., 1985 - Les éléments structuraux récents essentiels de la Tunisie Nord-Orientale. *Notes Service Géologique de Tunisie*, 47, 5-20.
- BEN AYED N., 1986 - *Evolution Tectonique de l'avant-pays de la chaîne Alpine de Tunisie du début de Mésozoïque à l'actuel*. Thèse de Sciences, Université Paris-Sud Orsay, 327 p.
- BEN AYED N., 2003 - *Carte tectonique du bassin molassique de la basse vallée de la Medjerda*. Inédit.
- BERGER A., 1978 - Long-term variations of caloric insolation resulting from the earth's orbital elements. *Quaternary Research*, 9, 139-167.
- BISHOFF J.-L., & FITZPATRICK X., 1991 - U-series dating of impure carbonates: an isochrone technique using total-sample dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 543-554.
- BLANC-VERNET, L., CLAIREFOND, P., & ORSOLINI P. 1979 - Etude des organismes. B - les Foraminifères in : La mer pélagienne. Etude sédimentologique et écologique du plateau tunisien et du golfe de Gabès, coordonnateurs: P.F. Buroillet, P. Clairefond et E. Winnock. *Géologie Méditerranéenne*, VI, (1), 171-209.
- BLOUNDI K., 2001 - *Mode de piégeage des éléments polluants dans les sédiments de la sebkha de l'Ariana (Tunisie): application de la méthode d'extraction séquentielle*. D.E.A. E.O.S.T., Strasbourg, 33 p.
- BONVALLET J., & PASKOFF R., 1983 - Remarks on Upper Quaternary « red layers » in the Cap Bon peninsula (Tunisia). *Cahiers ORSTOM, série Géologie*, 13, 101-110.
- BOURAOUI M., & DONADIEU P., 2004 - *Pérennité ou disparition des espaces ouverts agricoles dans la planification urbaine, les cas du plateau de Saclay, Paris et la plaine de Sidjoui, à Tunis*. 40<sup>e</sup> congrès ISoCaRP, 8 p.
- BUROLLET P.F., 1956 - *Contribution à l'étude stratigraphique de la Tunisie Centrale*. Annales Mines et Géologie, Tunis, n° 18.
- CARBONEL P., LEGIGAN PH., PULOS M., SAUBADE A.-M., BOBIER C., & JOUIROU M., 1981 - *Evolution du lac de Tunis: Un modèle de passage du milieu littoral à un milieu lagunaire*. Institut de Géologie du bassin d'Aquitaine, 12 p.
- CHAKROUN, A., ZAGHBIB-TURKI, D., MISKOVSKY, J.C., & DAVAUD, E. 2009 - Two tyrrhenian transgressive cycles in coastal deposits of the Cap Bon peninsula, Tunisia. *Quaternaire*, 20, (2), 215-226.
- COLLEUIL P., 1976 - *Etude stratigraphique et néotectonique des formations néogènes et quaternaires de la région de Nabeul - Hammamet (Cap-Bon Tunisie)*. Mémoire de D.E.S., Nice, 34 p.
- DAKKI M., 2003 - *Diagnostic pour l'aménagement des zones humides du Nord-Est du Maroc: sebkha Bou Areg (lagune de Nador)*. Dépar-

- tement des eaux et de forêts et de la lutte contre la désertification, Ministère de l'Aménagement du territoire de l'eau et de l'Environnement, Rapport, 56 p.
- DEBENAY J.-P., & REDOIS F., 1997** - Recent Foraminifera of the Northern Continental shelf of Senegal. *Revue de micropaléontologie*, **40**, 15-38.
- DUPLESSY J.-C., & RUDDIMAN F., 1984** - La fonte des calottes glaciaires. *La recherche*, **156**, 121-144.
- DUPLESSY J.-C., LABEYRIE L.-D., ARNOLD M., PATERNE M., DUPRAT J., & VAN WEERING T.-CE., 1992** - Changes in surface salinity of the North Atlantic Ocean during the last deglaciation. *Nature*, **358**, 485-487.
- ENNABLI M., 1980** - Etude hydrogéologique des aquifères du Nord-Est de la Tunisie pour une gestion intégrée des ressources en eau. Thèse de Doctorat ès Sciences, Université de Nice, 148 p.
- FAIRBANKS R.G., 1989** - A 17 000 year glacio-eustatic sea level record: influence of glacial melting rates in the younger Drays event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**, 637-642.
- FOURNIE D., 1978** - Nomenclature lithostratigraphique des séries du Crétacé Supérieur et du Tertiaire. *Bulletin des centres de Recherches Exploration*, Production Elf-Aquitaine, **2**, 97-148.
- IRZI Z., 1987** - Etude sédimentologique et micropaléontologique de la lagune Nador (Maroc Oriental). Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Université P. et M. Curie, ParisVI, 158 p.
- IRZI Z., 2001** - Les environnements du littoral méditerranéen du Maroc compris entre l'oued Kiss et le cap de trois Fourches: Dynamique sédimentaire et évolution et écologie des Foraminifères benthiques de la lagune de Nador. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Rabat, 291 p.
- JAUZEIN A., 1962** - Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne. Thèse de Doctorat d'Etat, Paris. 475 p.
- JAUZEIN A., 1967** - Contribution à l'étude géologique des confins de la dorsale tunisienne (Tunisie septentrionale). *Annale de Mines Géologique*, Tunis, **22**, 219-222.
- JAUZEIN A., 1971** - Evolution récente du delta de la Medjerda. Les agents de la Morphogénèse. *Travaux du laboratoire de Géologie de l'ENS*, Paris, **5**, 126-151
- JEDOUY Y., KALLEL N., FONTUGNE M., BEN ISMAÏL M.-H., M'RABET A., & MONTACER M., 1998** - A high relative sea level stand in the middle holocene of southeastern Tunisia. *Marine Geology*, **147**, 343-351.
- JEDOUY Y., 2000** - Sédimentologie et géochronologie des dépôts littoraux quaternaires: reconstitution des variations des paléoclimats et du niveau marin dans le sud-est tunisien, Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Géologiques, Université Tunis II, 388 p.
- JEDOUY Y., REYSS J.-L., KALLEL N., MONTACER M., BEN ISMAÏL M.-H., & DAVAUD E., 2003** - U-series evidence for two high last Interglacial sea levels in southeastern Tunisia. *Quaternary Science Reviews*, **22**, 343-351.
- KRSTIC N., 1977** - The ostracode genus *Tyrrhenocythere*. In H. Löffler & D. Danielopol (eds.), *Aspects of ecology and zoogeography of Recent and fossil Ostracoda*. VIème International Symposium of Ostracoda, Saalfelden, 1976, Junk Publisher LA HAYE, 395-405.
- KU T.-L., & LIANG Z.-C., 1984** - The dating of impure carbonates with decay-series isotopes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, **A 223**, 563-571.
- KU T.-L., 1976** - The uranium series method of age determination. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **14**, 347-379.
- LAKHDAR R., SOUSSI M., BEN ISMAÏL M.-H., & M'RABET A., 2006** - A Mediterranean Holocene restricted coastal lagoon under arid climate: Case of the Sedimentary record of Sebkhia Boujmel (SE Tunisia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **241**, 177-191.
- MANSOURI R., 1987** - Contribution à l'étude de la sédimentation littorale historique et actuelle au voisinage du Delta de la Mejerda (Etude du lac Rhar El Meleh) et la sebkha de l'Ariana. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle, Tunis, 218 p.
- MANSOURI R., CARBONEL P., & BOBIER C., 1979** - A propos de l'évolution récente de la sebkha de l'Ariana (Tunisie). *Bulletin de l'Office Nationale, Pêche de Tunisie*, Tunis, vol. III, n° **2**, 157-163.
- MOUELFI-EL-HOUARI L., AMBROISE D., & MATHIEU R., 1999** - Distribution des foraminifères benthiques actuels sur la marge continentale Algéroise (Baie de Bou-Ismaïl). *Revue de Micropaléontologie*, **42**, 315-327.
- OUESLATI A., 1993** - Les côtes de la Tunisie. Géomorphologie et Environnement et Aptitudes à l'aménagement, vol. XXXIV, 387 p.
- PASKOFF R., 1994** - Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. Paris, Masson, 2<sup>e</sup> édition, 256 p.
- PERTHUISOT J.P., 1975** - La sebkha El Melah de Zarzis: genèse et évolution d'un bassin paralique. Travaux de géologie, **9**, E.N.S., Paris, 25 p.
- PIMENTA J., 1953** - Plissements actuels à l'embouchure de la Medjerda. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Tunisie*, **6**, 161-168.
- PIMENTA J., 1959** - Le cycle Pliocène -Actuel dans les bassins paraliques de Tunis. *Mémoire de la Société Géologique de France*, **85**, 1-176.
- PINI S., 1971** - Notice explicative de la carte géologique de l'Ariana au 1/50 000. Feuille n° **13**, Service Géologique, 5-62.
- REYSS J.-L., CHOUKRI A., PLAZIAT J.-C., & PURSER B.-H., 1993** - Datations radiochimiques des récifs coralliens de la rive occidentale du Nord de la Mer Rouge, premières implications stratigraphiques et tectoniques. *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, Série II, Sciences de la Terre, **317**, 487-492.
- ROBASZYNSKY F., CARON M., GONZALEZ DONOSO J.M., & WONDERS A.A.H., 1984** - Atlas of Late Cretaceous Globotruncanids. *Revue de Micropaléontologie*, **26** (3-4), 145-305.
- SASSI S., 1969** - Contribution à l'étude de la sebkha Tegdimane et du Chott el Guettar. Note du Service Géologique, **24**, Tunis, 107 p.
- SOUSSI N., 1981** - Mécanismes de la sédimentation et évolution paléogéographique de la lagune de Bizerte (Tunisie) durant le quaternaire récent. Thèse de Doctorat de Spécialisation Universitaire, Toulouse, 229 p.
- YASSINI I., & GHAREMAN R., 1976** - Récapitulation de la distribution des ostracodes et des foraminifères du lagon de Pahlavi, province de Gillan, Iran du Nord. *Revue de Micropaléontologie*, **19**, 172-190.
- ZAOUALI LAIDAINI J., 1971** - Les peuplements malacologiques dans les biocénoses lagunaires tunisiennes. Etude de la biologie de l'espèce pionnière *Cerastoderma glaucum*, Thèse de Doctorat en Sciences Naturelles, Caen, 345 p.